

DERIVACIÓN DE MATRIZ DE ENERGÍA INVERSA (12X12) NACIONAL, PERÍODO 2014: ANÁLISIS DE IMPACTO Y CLASIFICACIÓN DE SECTORES.

INVERSE ENERGY MATRIX DERIVATION (12X12) NATIONAL, PERIOD 2014: IMPACT ANALYSIS AND SECTOR CLASSIFICATION.

Javier Ignacio Castillo Cruces

Analista de Datos- Ingeniero Comercial
Observatorio Laboral Bio-Bio
Departamento de Economía y Finanzas- Facultad de Ciencias Empresariales
Universidad del Bío-Bío
Avda. Collao 1202, Casilla 5C-CP
jcastillo@ubiobio.cl

Osvaldo Pino Arriagada

Director del Departamento de Economía y Finanzas -Facultad de Ciencias Empresariales
Universidad del Bío-Bío
Avda. Collao 1202, Casilla 5C-CP
Opino@ubiobio.cl

Resumen

En este documento, en una dimensión sectorial se estudia el consumo energético y su contribución al Valor Agregado (V.A) en Chile. Inicialmente a través del enfoque insumo-producto (IP) y utilizando la metodología de Alcántara y Padilla (2002), la cual consiste en una extensión del cálculo de elasticidades producción/demanda propuesto por Pulido y Fontela (1993) se construye una matriz de energía nacional, año 2014 a 12 sectores y se realiza una caracterización de las actividades productivas, su correlación entre V.A y energía a tres y doce sectores. Mediante el enfoque de elasticidad de consumo energético se caracterizan las actividades productivas según su importancia en el impacto energético sectorial y la implicancia de los sectores claves en la política energética de Chile.

Palabras claves: Insumo-Producto, Elasticidad de consumo energético, Sectores claves.

Clasificación JEL: C67; R15; Q43

Abstract

In this document, energy consumption and its contribution to the Value Added in Chile is studied in a sectoral dimension. Initially through the input-output approach and using the Alcántara and Padilla (2002) methodology, which consists of a the production/demand elasticity calculation proposed by Pulido and Fontela (1993). A national energy matrix is built, year 2014 to 12 sectors and a chracterization of the productive activities is performed, its correlation between Value Added and energy to three and twelve sectors. Through the elasticity of energy consumption approach, the productive activities are characterized according to their importance in the sectoral energy impact and the implication of the key sectors in Chile's energy policy.

Keywords: Input-Output, Elasticity of energy consumption, Key sectors

JEL Classification: C67; R15; Q43

1. INTRODUCCIÓN

El informe Energía 2050 entregado por el Ministerio de Energía menciona que internacionalmente el contexto energético se encuentra marcado por tres fenómenos. El primero se debe a la revolución tecnológica en el ámbito de la energía renovable, lo cual está modificando la histórica composición de la matriz energética de los países. Al impacto de estos cambios tecnológicos, se suma el crecimiento en el intercambio de energía en los mercados internacionales y a través de las integraciones energéticas regionales. Por otra parte, la incorporación de electricidad a nuevas actividades plantea desafíos en cuanto al incremento de la demanda eléctrica y del potencial de eficiencia energética.

Un tercer fenómeno es la preocupación de la comunidad internacional que busca descarbonizar la matriz energética mundial con el objeto de reducir suficientemente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Este informe (Energía 2050) señala además que en los últimos 40 años el consumo y producción energética se han duplicado, teniendo como factores determinantes de este aumento, entre otros, el crecimiento económico mundial, el incremento de la capacidad productiva de los países, el mayor tamaño del sector transporte y un aumento de la población mundial.

Chile según la International Energy Agency (IEA) al año 2014 se encuentra sobre la media mundial en consumo de energía primaria per cápita con 1,95 Toneladas Equivalente de Petróleo (Tep)⁵, siendo la media de 1,88 Toneladas Equivalentes de Petróleo.

El consumo de energía per cápita de Chile medido en Ktep⁶ en 10 años (2006-2016) ha aumentado en 15% y el resto del mundo en un 2,7%, lo que indica claramente los pasos gigantes que Chile ha dado en los últimos años sobre materia energética para conseguir desarrollo, crecimiento y ser más atractivo ante posibles llegadas de capitales extranjeros.

Chile ha pasado por un periodo de desarrollo en donde su crecimiento y la necesidad de bien estar social de la población derivaron en un aumento en el consumo de energía para cumplir con estas necesidades, comprobando entonces que sin crecimiento energético el desarrollo se estanca, impide seguir creciendo y alcanzar el nivel deseado de bien estar en la población.

Esta situación de aumento en el consumo energético para alcanzar un mejor bien estar social ha sido interés de varios economistas, en donde buscan entregar su visión de la estructura productiva y los efectos que provoca el desarrollo, en este caso desde una perspectiva energética, siendo de utilidad por su simpleza y fácil entendimiento las matrices insumo-producto las cuales proporcionan una visión general de la economía y las diversas conexiones que cada sector tiene con otros.

Típicamente el análisis insumo-producto energético se enfoca en determinar la cantidad de energía que se utiliza para satisfacer la demanda final de bienes y servicios. Esto es lo que

⁵ 1 Tep = 11,62951 MWh.

⁶ Kilo Tonelada Equivalente de Petróleo.

resulta de las cadenas energéticas: cuando un producto es identificado (bien o servicio), se puede hacer una lista de insumos directamente empleados para la producción del bien o servicio. Estos son llamados insumos directos y se conforman de insumos energéticos y de productos elaborados por otras industrias. El mismo procedimiento se aplica para determinar los insumos adicionales necesarios para fabricar los insumos directos. De esta manera la primera ronda de insumos energéticos se llamará el insumo directo de energía o el requerimiento directo de energía. Los insumos presentes en las rondas subsecuentes se les llamarán los requerimientos indirectos de energía o los insumos indirectos de energía. La suma de estas dos cantidades son los insumos totales de energía o los requerimientos totales de energía por cada bien o servicio.

Este método nos da una visión global de lo que involucra el proceso de producción de un único bien o servicio, y teóricamente permite rastrear los procesos de producción hasta sus últimas consecuencias, es decir hasta la extracción de las materias primas (Bullard et al 1978).

Si bien este enfoque ofrece mucha certidumbre en los resultados obtenidos, tiene ciertas desventajas con respecto al análisis insumo-producto. Si se quisiera modelar una economía que tenga por ejemplo 10 sectores, entonces se tendría que repetir el proceso anteriormente descrito 10 veces. Esto puede llegar a ser un trabajo de tiempo completo, por ejemplo, Carlsson-Kanyama, A (2000) presenta un reporte que rastrea la cadena de producción de una hamburguesa con queso con el fin de investigar los requerimientos totales de energía. Otro inconveniente que presenta este tipo de análisis, es la disponibilidad reducida de los datos necesarios.

En general existen dos formas en las que se puede conducir un análisis insumo-producto energético. El primero se basa en construir los a_{ij} básicos ($a_{ij} = e_{ij}$ que corresponden a requerimientos de energía) de manera que representen una analogía de la función de producción. En oposición, el segundo método y siguiendo a Herendeen y Bullard (1975) consiste en la utilización de vectores de conversión (energía final por unidad de producto sectorial) que transformen la matriz básica de peso por peso en una matriz de flujos energéticos.

Al-Ali (1970), elabora un análisis IP de las necesidades de energía de la economía escocesa para el año 1973. Los resultados muestran la capacidad del modelo IP para analizar la dependencia de la industria de la energía con los demás sectores y con la demanda final, así como las relaciones entre los sectores industriales.

Han y Lakshmanan (1994), realizan estudios sobre el consumo de energía en Japón. Analizan los impactos en el consumo de la energía por cambios estructurales en la economía. Encuentran que los cambios en la demanda final generan un efecto superior al cambio técnico en la reducción de la intensidad de la energía⁷.

⁷ La aplicación del modelo a la experiencia japonesa sugirió que los cambios en la estructura de la demanda final contribuyeron más a reducir la intensidad energética de la economía que los efectos muy discutidos de los cambios en la tecnología.

Gould y Kulshreshtha (1986), miden los impactos en el uso de energía causados por cambios en la demanda final para la provincia de Saskatchewan, Canadá. Identifican los sectores clave como aquellos que representan relativamente grandes aumentos en el consumo de energía en respuesta al aumento de la demanda final. El modelo es extendido para analizar la interacción de los cambios en la demanda final en el uso de energía, en el nivel de ingresos de los hogares y en el empleo.

En la misma línea anterior Hsu (1989), define y calcula los multiplicadores que relacionan el uso de energía y las actividades económicas a través de una tabla IP 1978 para Taiwán desagregada en 48 sectores.

Wu y Chen (1990), realiza desarrollos del modelo IP para ser aplicados al análisis de la energía, elaborando un marco IP para analizar la energía en el corto plazo, con el cuál analizan la interdependencia entre la producción sectorial mediante un análisis de multiplicadores y el efecto que tiene una sustitución en el cambio de insumos energéticos.

Lenzen (1998), emplea un análisis IP para calcular el contenido de energía primaria y gases de efecto invernadero en los bienes y servicios producidos, la cual afirma que es una técnica útil para el diseño de políticas de reducción de gases de efecto invernadero. Analiza la producción interna australiana y las importaciones, desglosado a 48 sectores. Adicionalmente considera las disparidades sectoriales en los precios de la energía.

Lenzen (2001), presenta un modelo IP estático para el cálculo de multiplicadores para Australia. Calculan varios tipos de multiplicadores de empleo y energía, en referencia a la producción total, la demanda final, y otros factores.

Alcántara y Roca (1995), presentan una metodología que, a partir de los balances energéticos, permite estimar la demanda de energía primaria, así como las emisiones de dióxido de carbono generadas por el uso de la energía. En contraste con otros análisis no intenta distribuir la demanda de energía en términos de consumo final, pero si en términos de requerimientos de energía primaria, además no considera el sector energético como un sector económico. La metodología consiste en hallar un vector que por cualquier unidad de energía comercial entregue los requerimientos de las diferentes fuentes de energía primaria. La investigación aplica la metodología en el caso de España durante los años 1980 y 1990.

Alcántara y Padilla (2002), analizan la determinación de sectores *clave* en el consumo de energía final. Enfocando esta cuestión desde una perspectiva input-output, diseñando una metodología basada en las elasticidades de la demanda del consumo de energía final. A modo de ejercicio, aplica la metodología a la economía española. El análisis permite señalar la mayor o menor relevancia de los distintos sectores en el consumo energético final, indicando qué sectores merecen mayor atención en el caso español y apuntando las implicaciones para la política energética.

Alcántara y Padilla (2008), analiza la evolución de los usos de energía primaria y las emisiones de CO₂ resultantes en Cataluña durante 1990-2005. Se presenta un método que permite a partir de los balances energéticos traducir los consumos finales de energía en requerimientos de energía primaria. Se comparan los resultados de 2003-2005 con los de

1990-1992. Los cambios más relevantes son la disminución en la energía primaria necesaria para obtener una unidad de electricidad y el cambio en su composición media por fuentes de energía primaria. Los cambios en las necesidades de energía primaria se descomponen en tres efectos: cambios en el nivel de consumo final de los diferentes sectores (efecto actividad), entre diferentes tipos de energías finales (efecto sustitución) y cambios en las necesidades de energía primaria para disponer de las energías finales (efecto transformación). Posteriormente, el trabajo traduce los requerimientos de energía primaria en las emisiones correspondientes y analiza su evolución mediante la descomposición factorial antes descrita.

Moreno, Alcántara y padilla (2009) analizan las desigualdades de las intensidades energéticas entre países de la OCDE, su evolución y sus causas. Las intensidades constituyen uno de los principales factores determinantes de las emisiones per cápita y, por tanto, de las diferencias que se dan entre países y grupos de países.

En el siguiente apartado se presentará la metodología que va a permitir detectar los sectores claves en el consumo de energía final para la economía chilena de tal manera que permita señalar a los principales sectores influyentes en el aumento de consumo energético final mencionado en los párrafos anteriores.

2. METODOLOGIA

La metodología que a continuación se presenta es una extensión del cálculo desagregado de elasticidad producción/demanda propuesto por Pulido y Fontela (1993; pp. 82-84), basado en Leontief (1941) y es desarrollado por Alcántara y Padilla en 2002.

Sea E un escalar que expresa la energía final total utilizada por el sistema productivo y e' un vector fila de energía final por unidad de producto sectorial. A partir del conocido modelo de Leontief, podemos escribir la siguiente expresión:

$$E = e'x = e'(I - A)^{-1}y \quad (1)$$

diferenciando Ec. (1) y expresando el incremento de la demanda final como una tasa proporcional de la misma:

$$\Delta E = e'\Delta x = e'(I - A)^{-1}y\alpha \quad (2)$$

en la que α es el incremento proporcional de la demanda final.

Si ahora definimos un vector de participación de las demandas finales sectoriales en su producción efectiva respectiva, esto es:

$$s = \hat{x}^{-1}y \quad (3)$$

en la que $\hat{\alpha}$ expresa la diagonalización del vector correspondiente, podemos volver a escribir la ecuación Ec. (2) como sigue:

$$\Delta E = e'(I - A)^{-1} \hat{x} s \alpha \quad (4)$$

dividiendo por E obtenemos:

$$E^{-1} \Delta E = E^{-1} e'(I - A)^{-1} \hat{x} s \alpha \quad (5)$$

que expresa el incremento energético final total en función del incremento de la demanda final. Es decir, la elasticidad de E respecto de la demanda final. Esta expresión no nos dice apenas nada dado el carácter lineal del modelo, ya que $E^{-1} \Delta E = \alpha$. Lo que nos interesa, pues, es desagregar sectorialmente la elasticidad con el fin de obtener información relevante. Para ello, realicemos algunas transformaciones en la expresión Ec. (5)

Sea $f' = (f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n)$ un vector de distribución de la energía final entre los n sectores productivos, tal que $\sum_i f_i = 1$. El vector de coeficientes de consumo energético sectorial final e' puede expresarse entonces como sigue:

$$e' = E f' \hat{x}^{-1} \quad (6)$$

y sustituyendo en Ec. (5):

$$E^{-1} \Delta E = f' \hat{x}^{-1} (I - A)^{-1} \hat{x} s \alpha \quad (7)$$

si ahora tenemos en cuenta (Miller y Blair, 1985; p. 360):

$$\hat{x}^{-1} (I - A)^{-1} \hat{x} = (I - D)^{-1} \quad (8)$$

donde $d_{ij} = x_{ij}/x_i$, es el elemento característico de la matriz D^8 , que no es sino la matriz de coeficientes horizontales o de distribución de una tabla input-output, sustituyendo en Ec. (7) y diagonalizando el vector s obtenemos:

$$\varepsilon' = f' (I - D)^{-1} \hat{s} \alpha \quad (9)$$

⁸ El análisis parte de la matriz A (absorción), sin embargo, al buscar los impactos como elasticidades se llega a una matriz D (distribución). Tal como Dietzenbacher en el 2005 demuestra de una forma inmediata, la matriz de distribución o mejor la inversa de Ghosh, es una matriz de elasticidades.

que nos da la variación proporcional del consumo energético sectorial respecto del cambio proporcional de la demanda final. Para interpretar con más detalle esta última conclusión, diagonalizamos el vector f' y prescindimos de momento de α , de forma que podemos escribir:

$$E^y = \hat{f}(I - D)^{-1}\hat{s} \quad (10)$$

e_{ij}^y , El elemento característico de la matriz E^y , expresa el incremento porcentual del consumo de energía final del sector i ante un cambio del 1% de la demanda final del sector j , y puede ser interpretado como elasticidad, de tal manera que, la suma de la columna del sector j expresa la variación porcentual del citado consumo energético experimentado por toda la economía ante un cambio del 1% experimentado por el sector j . No hace falta demostrar que la suma por filas de esta matriz reproduce la distribución sectorial del consumo energético y es un indicador del impacto que sobre cada uno de los sectores tendría un incremento global de la economía de un 1%. La suma por columnas tiene una correspondencia con los eslabonamientos hacia atrás (backward linkage) de la perspectiva de Rasmussen (1956) y la suma por filas con los eslabonamientos hacia adelante (forward linkage) de este autor. Sin embargo, nótese que en este planteamiento inciden, como elementos claves del impacto de la demanda en el consumo energético, tanto la estructura de la distribución del producto y la estructura de la demanda como, si atendemos a la expresión Ec. (8), la estructura productiva.

3. RESULTADOS

Chile según datos del Banco Mundial ha experimentado un crecimiento de la energía utilizada en una tasa media anual del 4%, desde 1990 al 2014 y al comparar esta situación con nuestros vecinos de la región, se observa que Latino América y el Caribe ha crecido a una tasa media anual del 2,1%. La utilización de energía per cápita en Chile entre 1990 y 2014 a experimentado un incremento del 92,7%, en contraposición se encuentran los países de Latino América y el Caribe que han experimentado un crecimiento en los mismo 25 años un 29,0%.

Este análisis si lo llevamos a consumos de energía final, Chile entre el año 2008 y 2014 ha crecido a una tasa media anual del 1,4% y a lo largo del periodo un 8,3%, siendo interesante observar desde una perspectiva sectorial donde se encuentran aquellos sectores que son más sensibles a aumentar su consumo final de energía ante variaciones en la demanda final.

Con la imputación de consumo final de energía que se realizó siguiendo la Estructura del Balance Nacional de Energía (anexo 1) es posible presentar los datos de consumo final de energía a 3 sectores en primera instancia y compararlos con el aporte que realiza cada sector económico al valor agregado del país, como se muestra a continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Consumo final de energía y valor agregado por sectores agregados para el año 2014

Código MIP	Sectores	Consumo de energía final		Valor agregado	
		Toneladas Equivalentes de Petróleo	Porcentaje	Miles de millones de pesos del 2014	Porcentaje
1 y 2	Primario	6.333.989	27,1%	22.052	16,5%
3 al 5	Secundario	6.437.812	27,5%	27.737	20,7%
6 al 12	Terciario	10.614.558	45,4%	84.253	62,9%
	Total	23.386.358	100%	134.042	100%

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos entregados por Banco Central de Chile y Balance Nacional de energía 2014.

Destaca a simple vista el alto consumo energético que realiza el sector terciario 45,4%, acompañado de un alto aporte al valor agregado de la economía de un 62,9%. Además, es posible apreciar que el consumo energético en los sectores primario y secundario necesitan más consumo de energía final para aportar un peso al valor agregado.

Esta reciente visión general de la economía puede ser interesante para obtener conclusiones no detalladas de la economía, es por eso que en la tabla 2 se presenta estas mismas relaciones a 12 sectores económicos.

Tabla 2: Consumo final de energía y valor agregado para 12 sectores, año 2014.

Código MIP	Sector Económico	Consumo final de Energía		Valor agregado	
		Toneladas Equivalentes de Petróleo	Porcentaje	Miles de millones de pesos del 2014	Porcentaje
1	Agropecuaria-silvícola y Pesca	706.419	3,0%	5.838	4,4%
2	Minería	5.627.570	24,1%	16.214	12,1%
3	Industria manufacturera	5.051.830	21,6%	14.651	10,9%
4	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	279.200	1,2%	3.673	2,7%
5	Construcción	1.106.782	4,7%	9.413	7,0%
6	Comercio, hoteles y restaurantes	423.853	1,8%	16.609	12,4%
7	Transporte, comunicaciones y servicios de información	9.162.939	39,2%	11.398	8,5%
8	Intermediación financiera	147.439	0,6%	6.961	5,2%
9	Servicios inmobiliarios y de vivienda	178.911	0,8%	10.710	8,0%
10	Servicios empresariales	291.935	1,2%	15.542	11,6%
11	Servicios personales	54.448	0,2%	16.194	12,1%
12	Administración pública	355.032	1,5%	6.837	5,1%

		23.386.358		134.042	
--	--	------------	--	---------	--

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos entregados por Banco Central de Chile y Balance Nacional de energía 2014.

Los sectores “Minería” e “Industria Manufacturera” presentan un alto consumo de energía final un 24,1% y 21,6%, esta situación se encuentra en concordancia con el aporte que estos dos sectores económicos realizan al valor agregado, 12,1% y 10,9% respectivamente. Los sectores “Comercio, hoteles y restaurantes”, “Servicios inmobiliarios y de vivienda”, “Servicios empresariales” y “Servicios Personales” muestran un bajo consumo de energía final, pero el aporte que genera al valor agregado de la economía es mucho más alto que incluso algunos sectores con altos consumos de energía como es el caso del sector “Transporte, comunicaciones y servicios de información” que solo aporta un 8,5% al valor agregado pero su consumo de energía final asciende a un 39,2%, mayor que cualquier otro sector analizado. Además, destaca que del total del consumo de energía final que realiza el sector terciario (cuadro 1) el 86,3% lo aporta el sector “transporte, Comunicaciones y servicios de información), pero no así el valor agregado que solo aporta un 13,5% del sector terciario.

Al procesar la información obtenida del Balance Nacional de Energía 2014 e imputar los consumos de energía final, es posible aplicar la expresión (10) que entrega como resultado una matriz insumo-producto inversa 12x12 en términos energéticos (anexo 2) cuya suma por filas y por columnas se refleja en la tabla 3.

Tabla 3: Impacto total y distributivo por sector económico

Código MIP	Sector Económico	Impacto total	Impacto Distributivo
1	Agropecuario-silvícola y Pesca	0,0195	0,0302
2	Minería	0,2617	0,2406
3	Industria manufacturera	0,2269	0,2160
4	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	0,0079	0,0119
5	Construcción	0,0079	0,0473
6	Comercio, hoteles y restaurantes	0,0791	0,0181
7	Transporte, comunicaciones y servicios de información	0,2371	0,3918
8	Intermediación financiera	0,0100	0,0063
9	Servicios inmobiliarios y de vivienda	0,0144	0,0077
10	Servicios empresariales	0,0091	0,0125
11	Servicios personales	0,0267	0,0023
12	Administración pública	0,0263	0,0152

Fuente: Elaboración propia.

Bajo la metodología explicada en el apartado anterior se ha denominado “impacto total” al incremento porcentual de energía final experimentado por toda la economía ante un incremento de un 1% del sector correspondiente. Si tomamos los datos presentados en el cuadro 3 vemos que un incremento de un 1% en la demanda final del sector “Agropecuario-silvícola y Pesca” incrementa el consumo de energía final total de toda la economía en un 0,019%. Por otra parte, el “impacto distributivo” representa el incremento que experimenta el sector ante un incremento de un 1% de todos los sectores de la economía. Utilizando el sector “Agropecuario-silvícola y Pesca” es posible observar que ante un incremento de un

1% en la demanda final de todos los sectores de la economía provocaría un aumento en el consumo de energía final del sector en 0,030%.

Con esta información es posible establecer criterios de clasificación que nos permitan definir cuáles son los sectores más importantes desde una perspectiva del consumo de energía final y en qué sentido lo son. Para esto establecemos un punto de comparación que serán E_T y E_D que toman los valores medianos del impacto total e impacto distributivo respectivamente. Con estos valores de comparación es posible establecer la siguiente clasificación que se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Clasificación de Sectores Económicos según Alcántara y Padilla

	$\sum_i E_{ij}^y > E_T$	$\sum_i E_{ij}^y < E_T$
$\sum_j E_{ij}^y > E_D$	A. Sectores clave , impulsan y son impulsados a consumir	B. Sectores Relevantes por la demanda de otros sectores
$\sum_j E_{ij}^y < E_D$	C. Sectores significativos desde la perspectiva de su demanda final	D. Sectores poco relevantes

Fuente: Elaboración propia a partir de Alcántara y Padilla 2002.

Calculando los valores medianos del impacto total y distributivo $ET=0,0265$ y $ED=0,0167$ respectivamente, es posible analizar la matriz de elasticidades desprendiendo de este las siguientes conclusiones en materia de energía.

Tabla 5: Impacto Total, Distributivo y clasificación de actividades

Código MIP	Sector Económico	Impacto total	Impacto Distributivo	Clasificación
1	Agropecuaria-silvícola y Pesca	0,0196	0,0303	B
2	Minería	0,2618	0,2408	A
3	Industria manufacturera	0,2269	0,2160	A
4	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	0,0080	0,0119	D
5	Construcción	0,0812	0,0474	A
6	Comercio, hoteles y restaurantes	0,0791	0,0183	C
7	Transporte, comunicaciones y servicios de información	0,2371	0,3919	A
8	Intermediación financiera	0,0102	0,0065	D
9	Servicios inmobiliarios y de vivienda	0,0146	0,0078	D
10	Servicios empresariales	0,0091	0,0126	D
11	Servicios personales	0,0268	0,0023	C
12	Administración pública	0,0265	0,0152	D

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades más importantes dada la magnitud de impacto total generado corresponde a la minería (2) con un impacto total del 0,2618%, transporte, comunicaciones y servicios de información (7) con el 0,2371% e industria manufacturera (3) con el 0,2269%, que en su conjunto suman el 0,7258% de los impactos totales.

Respecto al impacto distributivo las actividades que destacan son: transporte, comunicaciones y servicios de información (7) con un impacto distributivo del 0,3919%, minería (2) con el 0,2408% e industria manufacturera con el 0,2160%. En total estos tres sectores suman el 0,8487% del impacto distributivo que se produce en la economía.

Si tomamos al sector transporte, comunicaciones y servicios de información (7) y suponemos una variación en la demanda final de este sector de un 1%, entonces en base a los datos obtenidos el consumo de energía final de toda la economía aumentaría en un 0,2371% (impacto total) y en consecuencia si la demanda final de todos los sectores aumenta en un 1% entonces el consumo de energía final del sector transporte, comunicaciones y servicios de información (7) aumenta en 0,3919%.

Los sectores que clasifican en el grupo D son aquellos denominadas poco relevantes, la cual se caracterizan por tener un impacto total y distributivo menor a su mediana. Como su nombre los indica este grupo tiene una contribución inferior al resto de grupos que representan un impacto total y distributivo 0,0684% y 0,0540% respectivamente. Sin embargo, este grupo en términos de cantidades de actividades es el grupo más numeroso, contabilizando 5 sectores que representan el 41,6% del total.

Los sectores pertenecientes al grupo C generan en su conjunto un impacto total del 0,1056% y un impacto en la distribución del consumo energético de un 0,0206%. Si observamos estas actividades desde la demanda de sus productos, poseen un gran impacto sobre el consumo total de energía, no así la distribución del consumo energético por lo que las políticas energéticas pueden ser guiadas a primera vista a la disminución de su demanda final conduciendo de esta manera un ahorro energético. Este grupo considera 2 sectores que representan el 16,7% del total.

Los sectores constituidos en el grupo B son aquellos considerados relevantes. Es decir, caracterizados por ser insumos para otros procesos productivos. La importancia de este grupo radica en que el impacto distributivo es mayor a su impacto total. El impacto distributivo y total de todos los sectores relevantes alcanzan respectivamente 0,0196% y 0,0303%. Este grupo está compuesto por 1 sector que representan el 8,3% del total.

Los sectores constituidos en el grupo A son aquellas consideradas claves, caracterizados por tener un impacto total y distributivo mayor a los valores medianos. La importancia de este grupo radica en que tanto por impacto total y distributivo estos alcanzan respectivamente 0,8070% y 0,8961%. Estas son 4 sectores que representan el 33,3% del total.

Del total de energía final que consume el aparato económico, más del 84% lo consumen los sectores consideradas *claves*, demostrando que estos sectores que pertenecen a la clasificación A en términos energéticos son de principal atención cuando de aplicación de políticas energéticas se trata.

En relación al consumo final de energía, los impactos totales, impactos distributivos y el aporte que cada grupo genera al valor agregado, se observa en la tabla 6 que los sectores denominados claves generan un alto consumo de energía para producir, consecuencia de esto general a su vez altos niveles de impacto tanto distributivo como total. Sin embargo, a pesar de que el aporte al valor agregado que este grupo genera es alto en comparación a los sectores relevantes y significativos es menor a la contribución que los sectores que denominamos poco relevantes.

Tabla 6: Consumo de energía final, impacto y aporte al valor agregado por clasificación de sectores.

	Sectores	Consumo de energía final	Impactos Totales	Impactos Distributivos	Valor agregado
A	Claves	84,8%	0,8070	0,8958	31,5%
B	Relevantes	7,8%	0,0195	0,0302	11,4%
C	Significativos	2,0%	0,1059	0,0205	24,5%
D	Poco Relevantes	5,4%	0,0677	0,0536	32,6%

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

La investigación aquí presentada busca exponer bajo cierta metodología la mayor o menor importancia que tiene cada uno de los sectores económicos chilenos en términos de consumo de energía final, y desde otra perspectiva plantear cuales son aquellos sectores que merecen particular atención cuando de aplicar políticas de ahorro energético se trata. Además, se intenta contrastar estos sectores económicos y su importancia desde una perspectiva energética con una visión de producción sumando el valor agregado como variable de comparación.

Queda en evidencia que los sectores que denominamos claves son aquellos donde se debe poner principal atención cuando de políticas de ahorro energético se trata, teniendo siempre en cuenta que estos sectores aportan con su producción un alto porcentaje al valor agregado. También es relevante destacar que los sectores poco relevantes generan un bajo consumo de energía final y bajos impactos totales y distributivos, pero son los que más aportan al valor agregado por lo que incentivar estos sectores traen bajas repercusiones en el consumo de energía y estimulan la economía.

Al igual que la importancia que genera cada uno de los sectores económicos respecto al consumo de energía final, cabe mencionar que desde una perspectiva de tres sectores primario, secundario y terciario se aprecia un mayor consumo de energía en los sectores terciario o de servicios, misma situación que ocurre desde un punto de vista productivo, lo que nos dice que la economía se está tercerizando pasando de ser extractores de materias primas a ser oferentes de servicios.

Finalmente mencionar encarecidamente que esta investigación busca ser un insumo más para la toma de decisiones, sin embargo, es claro que es necesario complementar estos datos con otras investigaciones dentro del campo del uso energético final o de transformación, los cuales pueden dar una mirada más amplia de la situación económica de Chile.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Al-Ali, H. (1970). Input-output analysis of energy requirements: An application to the Scottish economy in 1973. *Energy Economics*, 1 (4), 211-218. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(79\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0140-9883(79)90003-3).

Alcántara, V. and Roca, J. (1995). Energy and CO2 emissions in Spain: Methodology of analysis and some results for 1980-1990. *Energy Economics*, 17 (3), 221-230. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(95\)00014-L](https://doi.org/10.1016/0140-9883(95)00014-L)

Alcántara, V. y Padilla, E. (2002). Nota metodológica sobre la determinación de sectores clave en el consumo de energía final: una primera aproximación al caso español. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/28103536_Nota_metodologica_sobre_la_determinacion_de_sectores_clave_en_el_consumo_de_energia_final_una_primera_aproximacion_al_caso_espanol

Alcántara, V. y Padilla, E. (2008). De los consumos finales de energía a los requerimientos de energía primaria y las emisiones de CO2.: Aproximación a partir de los balances de energía. Aplicación a Cataluña, 1990-2005. *Ekonomiaz*, 67 (8), 302-337. https://www.researchgate.net/publication/277262029_De_los_consumos_finales_de_energia_a_los_requerimientos_de_energia_primaria_y_las_emisiones_de_CO2_Aproximacion_a_partir_de_los_balances_de_energia_Aplicacion_a_Cataluna_1990-2005

Banco Central de Chile. (2000). Matriz de Insumo Producto de la Economía Chilena 1996. Santiago de Chile.

Banco Central de Chile. (2008). Anuario Estadístico 2008-2014, Cuentas nacionales, Series de Cuentas Encadenadas De Producción. Santiago de Chile.

Bullard, C; Penner, P y Pilati, D. (1978). Net energy analysis: Handbook for combining process and input-output analysis. *Resources and Energy*, 1 (3), 267-313. [https://doi.org/10.1016/0165-0572\(78\)90008-7](https://doi.org/10.1016/0165-0572(78)90008-7).

Carlsson-Kanyama, A. (2000). Energy use in the food sector: A data survey. Technical report, Department of Systems Ecology, Stockholm University. https://www.researchgate.net/publication/237432172_Energy_Use_in_the_Food_Sector_A_data_survey.

Dietzenbacher, E. (2005). More on multipliers. *Journal of regional science*, 45 (2), 421-426. <https://doi.org/10.1111/j.0022-4146.2005.00377.x>

Gould, B. and Kulshreshtha, S. (1986). An interindustry analysis of structural change and energy use linkages in the Saskatchewan economy. *Energy Economics*, 8 (3), 186-196. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(86\)90018-6](https://doi.org/10.1016/0140-9883(86)90018-6)

Han, X. and Lakshmanan, T. (1994). Structural changes and energy consumption in the Japanese economy 1975-1985: an input output analysis. *The Energy Journal*, 15 (3), 165-188. <https://www.jstor.org/stable/41322559?seq=1>

Herendeen, R. and Bullard, C. (1975). The energy cost of goods and services. *Energy Policy*, 3 (4), 268-278. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(75\)90035-X](https://doi.org/10.1016/0301-4215(75)90035-X)

Hsu, G. (1989). Energy multipliers for economic analysis: An input-output approach. *Energy Economics*, 11 (1), 33-38. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(89\)90032-7](https://doi.org/10.1016/0140-9883(89)90032-7)

International Energy Agency, (2019). World Energy Balances, Statistics & Data. Recuperado de <https://www.iea.org/statistics>.

Lenzen, M. (1998). Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input-output analysis. *Energy Policy*, 26 (6), 495-506. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(98\)00012-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(98)00012-3)

Lenzen, M. (2001). A generalized input output multiplier calculus for Australia. *Economic Systems Research*, 13 (1), 65-92. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.611.5423&rep=rep1&type=pdf>

Leontief, W. (1941). *The Structure of the American Economy, 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis*. Oxford University Press, New York.

Miller, R. y Blair, P. (1985). *Input-Output Analysis: foundations and extensions*. Prentice-Hall, New Jersey. Capítulo 2 y 4. http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale_2012/_Materiale_2015/Miller_Blait-input-output_analysis.pdf

Ministerio de Energía (2019), Comisión Nacional de Energía, Anuario Estadístico 2017. Santiago de Chile. Recuperado de <https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas>

Ministerio de Energía (2019), Energía Abierta. Balance Nacional de Energía 2014. Santiago de Chile. Recuperado de <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia>

Ministerio de Energía, (2019). *Energía 2050: Política Energética de Chile*. Santiago de Chile. Recuperado de <http://www.energia2050.cl>.

Moreno, J; Alcántara, V y Padilla, E. (2009). La desigualdad en las intensidades energéticas y la composición de la producción. Un análisis para los países de la OECD. Documento de trabajo. Universidad Autónoma de Barcelona. https://www.researchgate.net/publication/46463203_La_desigualdad_en_las_intensidades_energeticas_y_la_composicion_de_la_produccion_Un_analisis_para_los_paises_de_la_OCDE

Pulido A., Fontela E. (1993) Análisis input- output. Modelo, datos y aplicaciones, Ediciones Pirámide S.A., Madrid, España.

Rasmussen, P. N. (1956). Studies in intersectoral relations. Einar Harcks Forlag & North-Holland Publishing Company. Copenhagen and Amsterdam.
<https://www.worldcat.org/title/studies-in-inter-sectoral-relations/oclc/491563373>

Wu, R. and Chen, C. (1990). On the application of input-output analysis to energy issues. Energy Economics, 12 (1), 71-76. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(90\)90010-D](https://doi.org/10.1016/0140-9883(90)90010-D)

6. ANEXOS**6.1. Anexo 1**

Clasificación sectorial BNE	Categoría perteneciente a CIU REV 4 *	Glosa
Cobre	Clase 0729, actividades referidas a cobre	Extracción y fundición de cobre
Salitre	Clase 0891	Extracción de minerales para la fabricación de abonos y productos químicos
Hierro	Grupo 071	Extracción de minerales de hierro
Minas varias	Divisiones 07-08	Extracción de minerales metálicos y explotación de otras minas y canteras
Papel y celulosa	División 17	Fabricación de productos de papel y de productos de papel
Siderúrgica	Grupo 241	Industria básica de hierro y acero
Cemento	Clase 2394	Fabricación de cemento
Azúcar	Clase 1072	Fabricación de azúcar
Pesca	División 03	Pesca y acuicultura
Agroindustria (*)	Divisiones 1 y 2	Actividades industriales asociadas a la agricultura, ganadería, silvicultura y extracción de madera
Construcción (*)	Divisiones 41, 42 y 43	Construcción de edificios, obras de ingeniería civil y actividades especializadas de construcción
Petroquímica	División 20	Fabricación de sustancias y productos químicos
Industrias varias	Divisiones 1,2,10,11,12,13,14,15,16,18,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31 y 32	Resto de actividades manufactureras
Comercio y servicio	Divisiones 33,36-39,45-47,52,53,55,56,58-66,68-75,77-82,90-96, y 99	Actividades de comercio y de servicio

Sanitarias (**)	Divisiones 36, 37 y 38	Suministro de agua, tratamiento y evacuación de aguas residuales
Transporte terrestre	Grupo 492	Transporte terrestre de carga y pasajeros
Transporte ferroviario	Grupo 491	Transporte de carga y pasajeros por vías ferroviarias, incluye metro
Transporte marítimo	División 50	Transporte por vía acuática
Transporte aéreo	División 51	Transporte por vía aérea
Transporte por ducto (***)	Grupo 493	Transporte por ductos o tuberías
Público	Divisiones 84,85-88	Administración pública y defensa, enseñanza, y actividades de atención en salud humana

Fuente: Documento enviado por Ministerio de energía ante solicitud de transparencia.

(*): En ediciones anteriores de BNE estos sectores estaban incluidos en Industrias varias.

(**): En ediciones anteriores de BNE este sector estaba incluido en Comercio y Servicio.

(***): En ediciones anteriores de BNE este sector estaban incluidos en Transporte Terrestre.

6.2. Anexo 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,0100	0,0009	0,0139	0,0001	0,0018	0,0016	0,0006	0,0001	0,0002	0,0001	0,0007	0,0003
2	0,0006	0,2234	0,0105	0,0002	0,0022	0,0014	0,0007	0,0002	0,0003	0,0002	0,0008	0,0003
3	0,0040	0,0091	0,1523	0,0011	0,0194	0,0115	0,0064	0,0007	0,0018	0,0009	0,0067	0,0021
4	0,0001	0,0026	0,0020	0,0039	0,0005	0,0008	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0007	0,0006
5	0,0001	0,0003	0,0004	0,0001	0,0401	0,0010	0,0004	0,0001	0,0032	0,0001	0,0009	0,0007
6	0,0002	0,0006	0,0012	0,0001	0,0008	0,0135	0,0007	0,0001	0,0001	0,0001	0,0007	0,0002
7	0,0043	0,0225	0,0437	0,0023	0,0148	0,0458	0,2264	0,0052	0,0027	0,0045	0,0125	0,0072
8	0,0001	0,0002	0,0006	0,0001	0,0005	0,0007	0,0003	0,0032	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001
9	0,0000	0,0002	0,0003	0,0000	0,0001	0,0008	0,0002	0,0001	0,0055	0,0001	0,0004	0,0001
10	0,0002	0,0019	0,0019	0,0001	0,0010	0,0018	0,0009	0,0004	0,0003	0,0029	0,0008	0,0004
11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000
12	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0145

Fuente: Elaboración propia.